




**EMPRESA DE TRANSPORTE DE PASAJEROS  
METRO S.A.  
DIVISIÓN PROYECTOS DE EXPANSIÓN**

## **RESUMEN TÉCNICO EJECUTIVO**

# **ANÁLISIS EDIFICIOS PATRIMONIALES PROYECTO LÍNEA 3 METRO DE SANTIAGO**

**FEBRERO 2018**

<b>0</b>	<b>02/18</b>	<b>Uso</b>	<b>LAS/GVA/CYC</b>	<b>LAS/GVA/CYC</b>	<b>H. González</b>
<b>REV N°</b>	<b>FECHA</b>	<b>EMITIDO PARA</b>	<b>ELABORADO POR</b>	<b>REVISADO POR</b>	<b>APROBADO POR</b>
					<b>Página 1 de 32</b>
					<b>Revisión 0</b>

**APROBACIONES**

DIVISIÓN PROYECTOS DE EXPANSIÓN		FIRMAS	FECHA
PREPARADO POR	Luis Argomedo Gabriel Valenzuela César Yáñez		
REVISADO POR	Luis Argomedo Gabriel Valenzuela César Yáñez		
APROBADO POR	Héctor González		

## ÍNDICE

1.0	INTRODUCCIÓN .....	4
2.0	ALCANCE .....	6
3.0	ANTECEDENTES GENERALES: .....	7
3.1	INTERACCION Y FORMULACION DE ANTECEDENTES COMPLEMENTARIOS CON LA AUTORIDAD.....	7
3.2	BASES DE DISEÑOS DE TUNELES Y OBRAS SUBTERRANEAS EN ZONAS PATRIMONIALES CON POTENCIAL AFECCION .....	9
4.0	CRITERIOS DE INFLUENCIA Y AFECCIÓN A EDIFICIOS DE ANTIGÜEDAD APARENTE, MATERIALIDADES MIXTAS Y CARGA HISTÓRICA PATRIMONIAL RELEVANTE.....	13
5.0	CRITERIOS DE INFLUENCIA PRESENTADOS Y PROPUESTOS POR METRO DE SANTIAGO PARA LA LÍNEA 3.....	15
5.1	PARÁMETROS INCLUIDOS EN EL EIA ETAPA 2 DE LINEA 3 .....	15
5.2	PARÁMETROS INCLUIDOS EN EL EIA LÍNEA 3 OBRAS EN ACCESOS A ESTACIÓN UNIVERSIDAD DE CHILE. ....	16
5.3	PARÁMETROS EN CÓDIGO TÉCNICO DE EDIFICACIÓN (CTE-DB-SE-C, ESPAÑA 2006) .....	17
6.0	ESTUDIOS PARTICULARES ESTRUCTURALES PREVIOS: .....	17
7.0	CATASTRO FOTOGRÁFICO REALIZADO EN 2013.....	19
8.0	CATASTRO Y ANÁLISIS COMPRATIVO DEL REGISTRO FOTOGRÁFICO REALIZADO EN 2018.....	20
9.0	MONITOREO Y ESTUDIOS DE INFLUENCIAS A LOS 27 EDIFICIOS PATRIMONIALES .....	25
10.0	CONCLUSIONES GENERALES.....	30

### Índice de Tablas:

Tabla 1-1: Listado de edificaciones estudiadas.....	4
Tabla 5-1: Límites de Control de Asentamientos definidos por CMN .....	16
Tabla 5-2: Límites de servicio basados en la distorsión angular por CTE-DB-SE-C.....	17
Tabla 7-1: Condición de edificios en base a Catastro Fotográfico Comparativo 2013-2018 .....	20
Tabla 9-1: Resumen de los Informes de Monitoreo entregados por Metro de Santiago al CMN .....	25
Tabla 9-2 Resumen de Estudio de Influencias para 27 Edificios de CMN (Fuente: Documento Análisis de Asentamientos y Distorsión Angular de Edificios Protegidos por el CMN, PL3-ID-0332-INF-000-TU-01001) .....	28

## 1.0 INTRODUCCIÓN

El Proyecto Línea 3 del Metro de Santiago corresponde a un trazado subterráneo de 22 km de longitud, en el cual se emplazan 18 nuevas estaciones. Este trazado recorre distintas comunas y pasa por debajo de ejes viales importantes, así como también de estructuras de gran importancia, ya sea por la edad de éstas o el valor histórico que tienen.

Siguiendo la filosofía de diseño y construcción de los túneles de este proyecto, denominada NATM, se considera un estricto programa de monitoreo, el cual permite el seguimiento y control de las deformaciones inducidas al terreno durante la construcción. Junto con la medición de deformaciones en terreno se monitorean también las deformaciones inducidas a estructuras cercanas, con el fin de verificar el comportamiento del terreno y todas las estructuras aledañas y así tomar medidas oportunas para prevenir daños por asentamientos diferenciales y/o globales. De todas las estructuras a monitorear existen 27 de ellas que presentan un alto valor patrimonial para el país y son consideradas de forma especial en el Proyecto de la Línea 3 de Metro de Santiago. Estas estructuras se encuentran en el Eje Independencia/ Bandera/ San Diego entre Balmaceda y Avda. Matta, y en torno al eje Irarrázaval.

Dada la importancia para la conservación del patrimonio histórico y cultural de Santiago y del país, es que Metro S.A. ha solicitado a Consorcio Arcadis-WorleyParsons desde la ingeniería básica estudiar y monitorear las deformaciones que podrían ser inducidas por la construcción de la nueva Línea 3 del Metro de Santiago sobre todas las estructuras aledañas al obra y en particular a los 27 edificios patrimoniales.

Los 27 edificios patrimoniales identificados para cada tramo de construcción son las siguientes:

**Tabla 1-1: Listado de edificaciones estudiadas.**

	N°	Nombre del inmueble	Dirección	Tipo de protección
Tramo 3	1	Estación Mapocho	Bandera N°1056	Monumento Histórico
	2	Hotel Bristol	Av. Presidente Balmaceda N°1114	Monumento Histórico
Tramo 4	3	Catedral de Santiago	Pza. de Armas N°444	Monumento Histórico
	4	Edificio en Catedral N°1115/1125	Catedral N°1115/1125	ICH en Zona Típica
	5	Ex Congreso Nacional	Bandera N°46-52	Monumento Histórico
	6	Hotel City	Compañía N°1051-1073	ICH en Zona Típica
	7	Polla Chilena de Beneficencia	Compañía N°1085 esq. Bandera	Sin valor en Zona Típica
	8	Museo Chileno de Arte Precolombino	Bandera N°361-385	Monumento Histórico

	N°	Nombre del inmueble	Dirección	Tipo de protección
	9	Palacio de los Tribunales de Justicia	Lado sur de Compañía, entre Bandera y Morandé	Monumento Histórico
	10	Edificio en Catedral N°1139/1143 (Casa Rebeca Matte)	Catedral N°1139/1143	ICH en Zona Típica
	11	Edificio en Catedral N°1165	Catedral N°1165	ICH en Zona Típica
	12	Club de Septiembre	Catedral N°1183	Monumento Histórico
	13	Edificio Pasaje Catedral	Catedral N°1063	De valor ambiental en Zona Típica
	14	Edificio Pasaje Agustín Edwards	Compañía de Jesús N°1068	De valor ambiental en Zona Típica
	15	Templo Parroquial El Sagrario	Plaza de Armas N°444	Monumento Histórico
	16	Palacio Arzobispal	Pza. de Armas sector sur poniente	Monumento Histórico
	17	Bolsa de Comercio	La Bolsa N°84	Monumento Histórico
	18	Club de la Unión	Av. Alameda N°1091	Monumento Histórico
	19	Gobierno Regional (GORE)	Bandera N°46 al 56	ICH en Zona Típica
	20	Casa Matriz Banco Estado	Av. Alameda N°1111 esq. Bandera	ICH en Zona Típica
	21	Ex Hotel Mundial (BBVA)	Moneda N°1096	Monumento Histórico
	22	Iglesia de las Agustinas	Moneda N°1054	Monumento Histórico
	23	Edificio Ariztía	Nueva York N°52	ICH en Zona Típica
	24	Casa Central Universidad de Chile	Av. Alameda N°1058	Monumento Histórico
	25	Basílica de los Sacramentinos	San Diego N°500	Monumento Histórico
<b>Tramo 5</b>	26	Población para Suboficiales de la Escuela de Aplicación de Caballería	Avenida Antonio Varas N°2801	De valor ambiental en Zona típica
	27	Casa de la Cultura de la Municipalidad de Ñuñoa (ex Palacio Ossa)	Avenida Irarrázaval N°4055	Monumento Histórico

Para la determinación de deformaciones se han colocado puntos de monitoreo tanto en el suelo circundante a los edificios (AS), así como también, cuando ha sido posible hacerlo ya sea por acceso o por obtención de permisos, en la base de los mismos edificios (AE).

## **2.0     ALCANCE**

En este documento se hace un compendio de los estudios previos asociados a la evaluación e influencia a los 27 edificios patrimoniales solicitados por el Consejo de Monumentos Nacionales a Metro S.A.

Asimismo, se resumen los distintos criterios de verificación y seguimiento de afección a edificios próximos a la Línea 3, y los criterios utilizados en el proyecto para evaluar la influencia de ésta en los edificios. Basados en resultados del monitoreo se evalúa el estado actual de cada edificio patrimonial en función de estos criterios.

Finalmente, se complementan las conclusiones de estos estudios con las observaciones comparativas de un catastro fotográfico del 2013 y el 2018.

### **3.0 ANTECEDENTES GENERALES:**

#### **3.1 INTERACCION Y FORMULACION DE ANTECEDENTES COMPLEMENTARIOS CON LA AUTORIDAD**

En lo extenso de las cuatro etapas de evaluación y aprobación ambiental que consulta la Línea 3 del Metro de Santiago se han formalizado entregas de reportes técnicos, tanto en la etapa de evaluación como en etapas de fiscalizaciones posteriores a la obtenciones de las RCA, que describen y analizan la potencial influencia y efecto de las obras de Túneles a los distintos edificios patrimoniales solicitados por el CMN.

En las distintas instancias se analizaron los criterios técnicos de afección y las diversas exigencias que el actual estado del Arte de la Ingeniería impone. El proceso técnico de análisis y presentación a la autoridad consistió resumidamente en cinco etapas:

- i. Catastro y Estudio Técnico Estructural Base, Caracterización Histórica, descripción tipológica y materialidad de los Inmuebles con Valor Patrimonial, que describe una Línea base del Patrimonio influenciado por el proyecto.
- ii. Catastro fotográfico visado por Notario de todos los edificios patrimoniales y fachadas, previo inicio de la ejecución de Obras Civiles de la Línea 3, que levanta una condición física explícita del estado previo de los inmuebles patrimoniales.
- iii. Redacción de un plan de complementación al Anexo K2, presentada al CMN vía carta GDP N° 056-2014 con fecha 24 de Junio de 2014, con fecha de recepción 27 de Junio del 2014. Esta propuesta fue trabajada con un Asesor Arquitecto especialista en Patrimonio, válido para el CMN, el cual en conjunto con Metro de Santiago, se redactó una metodología y alcance de trabajo particularizada para siete (7) de los veintisiete (27) edificios identificados inicialmente, mediante un criterio de selección técnico a razón de la proximidad a las obras, materialidad de las construcciones y el sistema estructural que se identificó en los estudios previos, además del daño y condición visible levantado en el catastro fotográfico. De forma resumida, el estudio propuesto incluía:
  - Levantamiento planimétrico: Plantas, elevaciones y cortes generales, de cada uno de los inmuebles señalados (7 de 27).
  - Catastro de fisuras u otros daños reflejados en planos y fichas descriptivas que exhiban de forma precisa condición actual de los inmuebles.

De la propuesta enviada, que fue posterior a la obtención de la RCA N° 243/2014 (RCA que aprueba el Estudio de Impacto Ambiental Línea 3 Etapa 2: Túneles, Estaciones, Talleres y Cocheras), Metro de Santiago nunca recibió respuesta de aceptación u observación o complementación de lo expuesto en la carta conductora, en la línea de avanzar en acuerdo y confluir en una base técnica descriptiva acordada por las partes en base a la idea inicial, avalada por un Asesor especialista en estas materias.

- iv. Posteriormente en 2015, se realiza Inspección ambiental Efectuada por el SMA con fecha 23 de abril del 2015, al Pique Estación Plaza de Armas y Pique Moneda, en el acta se establece una solicitud de información a Metro S.A., los cuales fueron enviados vía Carta N° GG N° 18/2016 con fecha 13 de Enero del 2016, con fecha de recepción el mismo 13 de Enero del 2016. Dicha entrega incluyo:
- Planimetría, en Planta, de los instrumentos parte del Monitoreo de Edificios Patrimoniales, cinco planos (5).
  - Planimetría en Planta de los puntos de Monitoreo en superficie en el entorno de los edificios, cuarenta planos (40).
  - Catastro y Estudio Técnico Estructural de inmuebles con valor Patrimonial adyacente a la Línea 3, realizado por el equipo consultor liderado por Jorge Atria Lannefranque (Arquitecto), Álvaro Briceño Galaz (Arquitecto) y Enrique Riobo Fraga (Ingeniero Estructural), el cual analiza los 27 edificios patrimoniales y describe, en base a criterios fundamentados, las potenciales influencias de las obras de Línea 3 en los edificios protegidos por el CMN.

Del estudio descrito y formalizado en Enero del 2016 no se obtuvo respuesta ni comentarios que direccionaran y decretaran la opinión de la SMA al estudio presentado por Metro de Santiago, postergando y no permitiendo así complementar e incluso rehacer nuevos estudios adicionales en busca de converger en la dirección y visión del CMN, siempre apoyada por la asesoría y el conocimiento de los especialistas técnicos del campo de la Ingeniería Estructural y del cuidado Patrimonial.

- v. Solicitud de antecedentes requerida por la SMA en la Resolución Exenta N° 477, complementada con la Resolución Exenta N° 526, Metro de Santiago entrega precisiones técnicas del seguimiento y control de los Edificios Patrimoniales y la influencia reportada y fundamentada en cada uno de ellos.

La entrega consistió resumidamente en:

- Rango de medición, valor mínimo y máximo a medir y puntos de referencia del sistema de Monitoreo del Proyecto.
- Aclaración de si los datos medidos por el Monitoreo son relativos o absolutos, y precisar cuál es la línea base de control.
- Frecuencia de Monitoreo en los Edificios Patrimoniales.
- Valores máximos tolerables que admiten los edificios patrimoniales influenciados por el Proyecto.

Se especifica y describe conceptualmente en base a que parámetros se funda el estudio de influencia y afección en edificios patrimoniales.

La totalidad de la información parte de la respuesta a la Resolución Exenta N° 477, estaba previamente contenida e informada de forma sistemática al CMN mediante informes mensuales donde se detallaba el reporte del monitoreo y el análisis de afección en base a asentamientos máximos y distorsión angular según los diagramas y curvas de asentamientos medidos en la vecindad de los Túneles, tal como lo exige el estado del arte de la ingeniería en esta materia en este tipo de proyectos subterráneos urbanos.

### 3.2 BASES DE DISEÑOS DE TUNELES Y OBRAS SUBTERRANEAS EN ZONAS PATRIMONIALES CON POTENCIAL AFECCION

El Diseño de túneles de Línea 3, específicamente en la zona Patrimonial Centro de Santiago exhibe una singularidad en sus diseños que se fundamenta en cálculos y simulaciones especializadas a lo largo de todas las etapas de Ingeniería, complementada con el seguimiento de Ingenieros de Diseño en la obra de construcción.

De forma general el asentamiento e influencia típica en superficie producto de la excavación de túneles sigue la forma de una campana de gauss invertida, con su máximo justo en el eje del túnel. Este asentamiento decrece drásticamente a medida que se aleja del eje del túnel.

Cabe destacar que en la figura 1 se magnifica la escala del asentamiento (eje vertical) y se presenta en milímetros, mientras que el eje horizontal se presenta en metros.

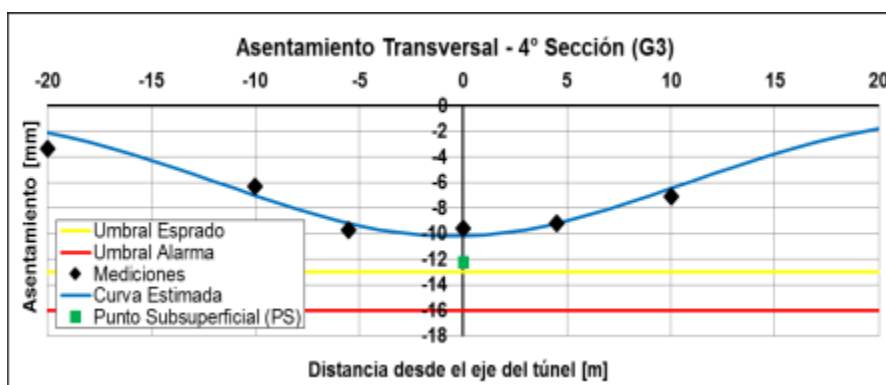


Figura N°1: Curva de asentamiento superficial típica producto de la construcción de túneles

La primera medida para disminuir los asentamientos en superficie producto de la construcción de túneles es incorporar en la etapa de ingeniería una secuencia constructiva que limite y controle los asentamientos inherentes a estas faenas. En la práctica se subdivide la sección completa del túnel en secciones más pequeñas con lo cual se logra disminuir el asentamiento en superficie y la afectación del entorno. Esto se corrobora mediante modelos computacionales 3D que permiten incorporar estos parámetros y predecir el comportamiento de la superficie durante la construcción.

En el caso particular de la futura Línea 3 de Metro, se adoptaron principalmente tres medidas tendientes a disminuir los asentamientos superficiales en zonas de cercanía a edificios patrimoniales:

## I. Diseño y Construcción de túneles de Estación con 2 muros temporales:

Como se indicó anteriormente, el objetivo de esta medida es subdividir la sección completa del túnel (180 m<sup>2</sup> de área) en secciones de menor dimensión, lo cual disminuye los asentamientos superficiales producto de la obra.

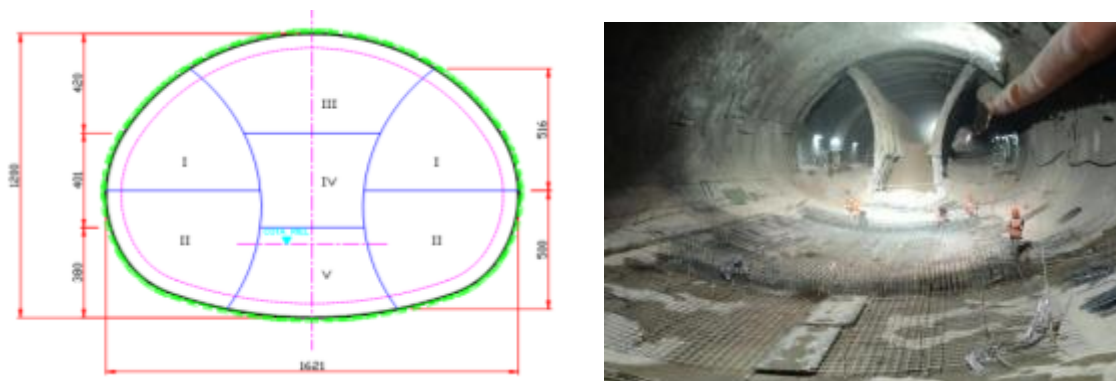


Figura 2: División de la sección completa del túnel excavada en 7 subsecciones de menor área. Ejemplo Túnel Estación Plaza de Armas

## II. Construir los túneles Interestación con cierre inferior (contrabóveda)

Para el tramo donde los túneles de Línea 3 cruzan la zona patrimonial de Santiago, se determinó realizar el diseño de ingeniería de los túneles entre estaciones (interestación) con contrabóveda, disminuyendo al máximo la afección en superficie. En general para suelos de buen comportamiento, como es el caso de los suelos del centro de Santiago (suelos con buena cohesión), se construyen túneles tipo “Herradura” los cuales no tienen contrabóveda y por lo tanto su construcción es más rápida y de menor costo, sin embargo debido a que se iba a pasar bajo una zona patrimonial, se optó por el diseño con contrabóveda para asegurar un asentamiento mínimo en superficie lo cual fue corroborado por los datos de monitoreo.

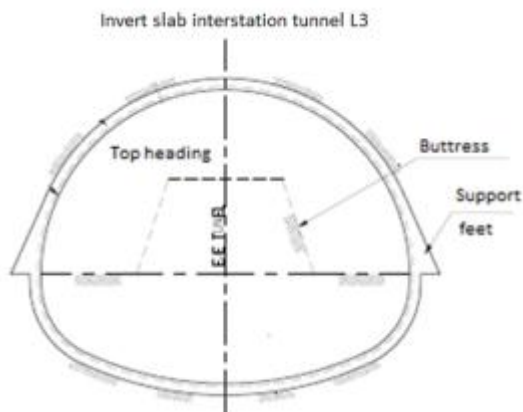


Figura N°3: Sección típica túnel con contrabóveda

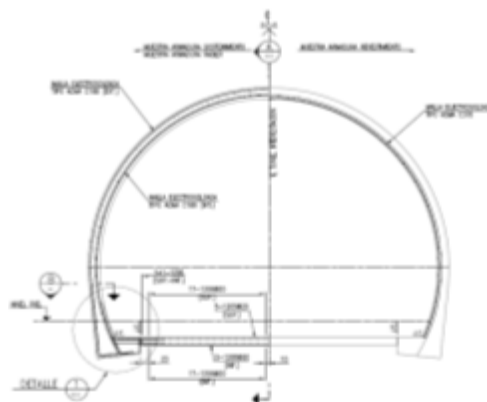


Figura N°4: Sección típica túnel tipo "Herradura"

### III. Longitud de avance controlada de la excavación

Los trabajos de excavación deberán ser llevados a cabo de modo tal de minimizar los asentamientos superficiales del terreno. Tanto el diseño estructural como la secuencia constructiva de los túneles y piques especificados en los documentos del proyecto garantizan asentamientos teóricos en la superficie del terreno compatible con la infraestructura urbana existente. Para verificar los asentamientos, se efectuará un monitoreo de asentamientos del terreno y de deformación del sostenimiento, a efectos de validar los resultados de los cálculos y poder prevenir posibles efectos sobre las estructuras. En caso de resultar necesario, en vista de los resultados del monitoreo de obra, se deberá adecuar el sistema de excavación y de sostenimiento propuesto en el diseño con la asesoría del diseñador.

Con motivo de lograr un control aún mayor de las deformaciones de los túneles y piques o de los asentamientos en la superficie del terreno en casos en que durante la obra se verifique el acercamiento a los valores de control preestablecidos por el Proyecto en los Informes de Umbrales, ésta podrá requerir la implementación de las siguientes medidas complementarias o modificatorias de la metodología y secuencia típica de trabajo:

- reducción de la altura ó longitud de excavación a valores inferiores a los indicados en los planos;
- anticipación del cierre de la sección a través de la reducción de la distancia entre frente de excavación y la colocación del revestimiento de la contrabóveda;
- colocar hormigón proyectado en el frente de excavación;
- aumento del espesor del sostenimiento o aumento de la resistencia de compresión del hormigón proyectado;
- ejecución de inyecciones de consolidación o de impermeabilización del terreno anticipadas a la excavación, bien desde el mismo túnel o pique ó desde la superficie del terreno;

- Colocación de pernos de fibra en el frente.
- reducir el distanciamiento de marcos reticulados.

La longitud nominal de avance de la excavación, para el presente Contrato de la Línea 3, fue de 1,0 m como máximo. En función de las condiciones geológica – geotécnica e hidrogeológicas reinantes, como de otros criterios tales como la necesidad de limitar las deformaciones, etc, la longitud de avance de la excavación podría ser reducida, pudiendo ser de 0,8 m y hasta 0,5 m, tal como se determine en terreno por el equipo de diseño en obra.

En el caso particular del paso del túnel por la zona patrimonial del centro de Santiago, muchas de las medidas indicadas anteriormente se tomaron desde la etapa de ingeniería, realizando un diseño conservador que asegurara un mayor control de los asentamientos.

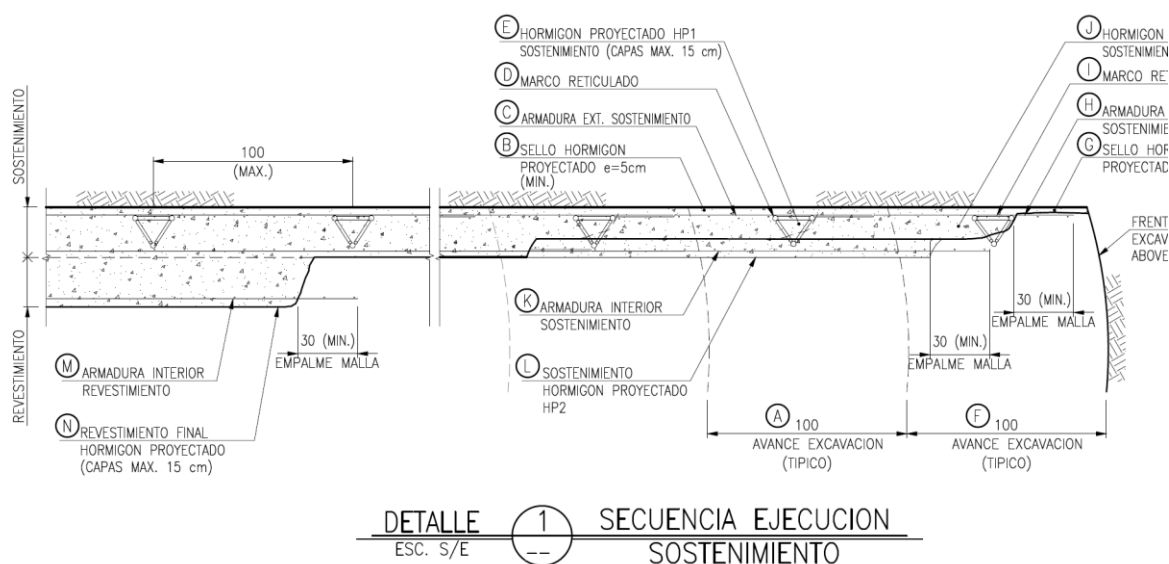


Figura N°5: Sección típica que muestra la longitud el avance de túnel

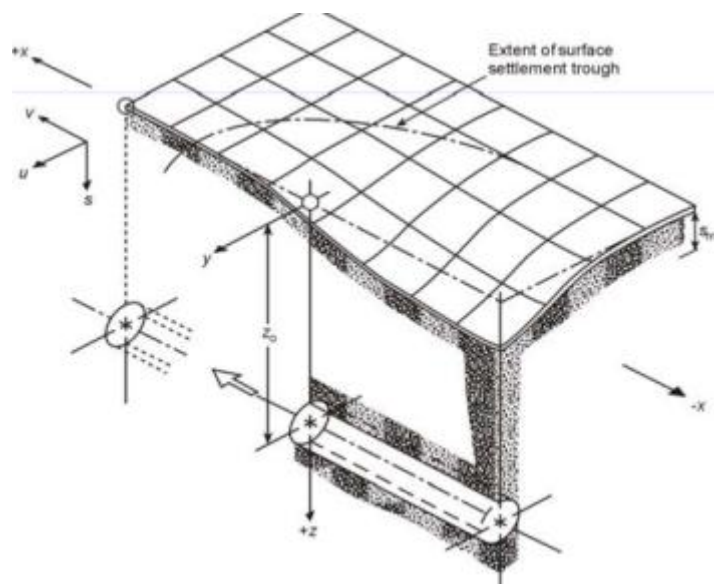
En resumen, las principales definiciones que permiten controlar los asentamientos en superficie producto de la construcción de túneles se toman en la etapa de ingeniería y durante la fase de construcción. En la primera etapa se realiza un análisis, mediante modelos computacionales, donde se estiman los asentamientos teóricos que se producirán en superficie y se verifica que su magnitud esté en los valores típicos para este tipo de obras.

#### 4.0 CRITERIOS DE INFLUENCIA Y AFECCIÓN A EDIFICIOS DE ANTIGÜEDAD APARENTE, MATERIALIDADES MIXTAS Y CARGA HISTÓRICA PATRIMONIAL RELEVANTE

En primer lugar es importante destacar que el monitoreo es parte intrínseca de los métodos de construcción de túneles tales como NATM, utilizado en la concepción y construcción de los túneles de Línea 3.

Por lo tanto, desde el inicio de las excavaciones de la Línea 3, se contempla un sistema de monitoreo continuo que sea capaz de entregar la respuesta del terreno y de las estructuras cercanas en paralelo con las excavaciones. Esto se realiza, para verificar la consecuencia entre dichas respuestas con lo que fue previsto en las modelaciones utilizadas en la etapa de diseño de los túneles, y así definir si las secuencias constructivas (longitudes de avance y fases de excavación) planteadas en diseño se deben mantener o modificar, o si hay necesidad de tomar medidas de refuerzo en los túneles, además de estimar el nivel de seguridad de las faenas.

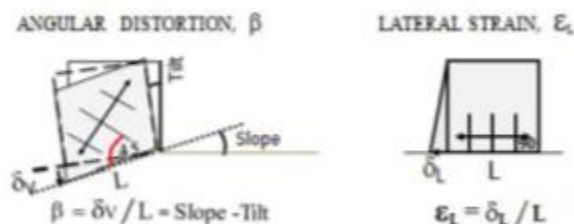
La excavación de un túnel genera deformaciones del suelo en la superficie, de acuerdo a lo mostrado en la Figura 4.1. El perfil de deformaciones depende de la estratigrafía de terreno, características de las secuencias constructivas y propiedades mecánicas del túnel.



**Figura 4.1: Esquema de Asentamientos Superficiales, durante la excavación del Túnel.**

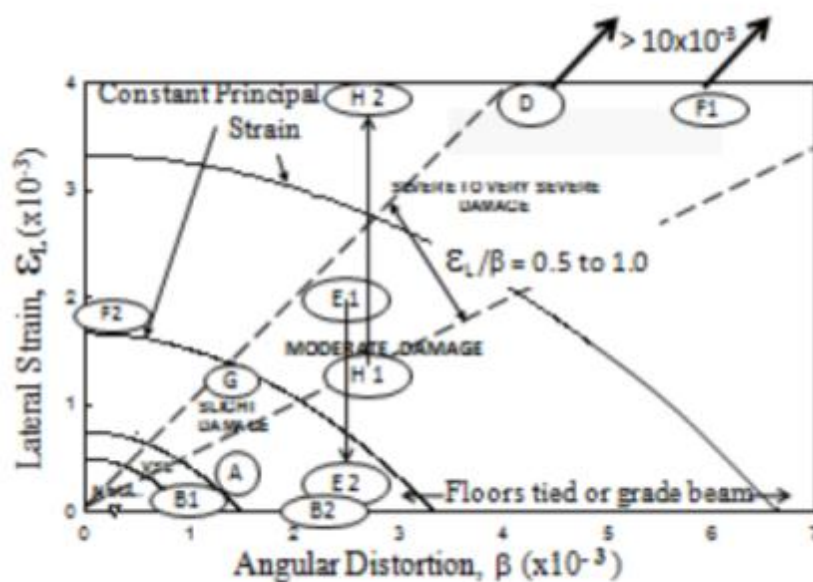
Los principales parámetros de control, para definir si las deformaciones tienen afección en las estructuras superficiales, son:

- a) Deformación y asentamiento puntual máximo.
- b) Distorsión angular.
- c) Distorsión lateral.



**Figura 4.2: Esquema de representación de distorsión angular y deformación unitaria lateral (Cording, 2010)**

La afectación a estructuras superficiales debido a la construcción de túneles o excavaciones subterráneas ha sido estudiada desde antes de los años 70 en Inglaterra y Estados Unidos principalmente para estructuras patrimoniales como el Metro de Washington y la catedral de Westminster. Sowers(1962) entrega límites de distorsión angular para flexión convexa en muros de carga que va entre 1/2000 y 1/1000. Bjerrum(1963) limita la distorsión de estructuras reticuladas, no aplicable a las estructuras patrimoniales en estudio. Meyerhof (1977) formula un límite de seguridad para flexión cóncava y convexa en muros de cargas que van entre 1/1000 y 1/2000. Burland and Wroth (1974) usan teoría de viga para describir el efecto de la razón largo/altura del edificio en las distorsiones basales, aplicable a edificaciones de muros y fundaciones superficiales. La teoría de Boscardin and Cording (1989), actualizada por Cording et al. en el 2001, que es el estado del arte para la evaluación de afecciones en edificios inducidas por excavaciones definen la afección en base al par distorsión angular y deformación unitaria lateral. Donde los límites entre categoría de afección representan una deformación unitaria de extensión constante. (Figura 4.3). Se puede observar que con una distorsión angular menor a 1/2000 se esperan afecciones muy menores.



After Cording, et al., 2001, modified after Boscardin & Cording 1989

**Figura 4.3: Afecciones en edificios inducidas por excavaciones (Cording, 2010)**

La complejidad de estudiar el comportamiento de las estructuras patrimoniales ante deformaciones yace en la dificultad de lograr modelos estructurales representativos del estado real de la estructura. La principal razón, es que debido a su antigüedad, ha sufrido distintas etapas de construcción, reparación y restitución que no siempre están bien documentadas, más aún en un país sísmico como Chile. De la revisión realizada de la normativa tanto nacional como internacional, no se ha encontrado evidencia de normativas que limiten los valores admisibles de deformación en estructuras patrimoniales. En ese sentido, de acuerdo a nuestro criterio, el uso de la norma la española es lo más aconsejable como medida de control, ya que establece límites conservadores de deformaciones para este tipo de estructuras.

## **5.0 CRITERIOS DE INFLUENCIA PRESENTADOS Y PROPUESTOS POR METRO DE SANTIAGO PARA LA LÍNEA 3**

En esta sección se exponen los parámetros de control y afecciones a edificios patrimoniales utilizados en la evaluación de las 27 estructuras del documento Análisis de Asentamientos y Distorsión Angular de Edificios Protegidos por el CMN, PL3-ID-0332-INF-000-TU-01001.

### **5.1 PARÁMETROS INCLUIDOS EN EL EIA ETAPA 2 DE LÍNEA 3**

En el Anexo K del Estudio de Impacto Ambiental, Túneles, Estaciones, Talleres y Cocheras Línea 3 (L3-IB-01-INF-000-IA-200-R0), se menciona que para el trazado de la Línea 3 del Metro, se considera una proyección de 25 m paralelo al eje del túnel en ambos lados, en donde la deformación del suelo de fundación tendía a cero a los 25 m y la deformación máxima estimada de influencia sería del orden de 5 mm.

Este valor inicialmente indicado es una magnitud preliminar, previa a los estudios de Ingeniería Básica, donde se analizaron los asentamientos esperados considerando parámetros generales de estratigrafía, secuencia constructiva y las propiedades mecánicas del túnel a excavar. En las etapas posteriores, Ingeniería Básica e Ingeniería de Detalles, se profundizaron y justificaron estos parámetros en base a modelos numéricos que consideran los datos específicos para cada sector de análisis, siguiendo el estado del arte de la Ingeniería en diseño de túneles. Cabe destacar que los informes de monitoreo de asentamientos han sido continuamente reportados e informados al CMN en las distintas instancias mencionadas en los antecedentes generales del presente informe.

Es preciso señalar que los análisis de influencia y asentamientos en cada edificio patrimonial debe ser analizado de forma Individual y específica, considerando las condiciones de borde locales de cada inmueble en función de la cubeta de subsidencia que influye en el estrato de suelo próximo a los túneles. Para lo anterior, y en parte gracias al trabajo conjunto con el CMN, a razón del patrimonio histórico en el entorno a la Línea 3, se ha logrado durante la etapa de seguimiento ambiental y ejecución de las obras, profundizar en los parámetros y los límites admisibles de asentamientos en base al análisis de experiencias internacionales similares y el estado del arte de la Ingeniería para este tipo de estructuras históricas.

Resultado de lo anterior Metro adoptó los parámetros indicados en la normativa española que fija como límites de asentamiento y distorsión angular 25mm y 1/1000 respectivamente. Finalmente el CMN, en la RCA N° 110/2017 que aprueba el Estudio de Impacto Ambiental Línea 3 Obras en Accesos a Estación Universidad de Chile, en donde se fijó para Edificios Patrimoniales los valores límites en 10mm y la distorsión angular en 1/2000 con un máximo puntual de 20mm, criterio que contrastado con las mediciones realizadas históricamente permite señalar que se cumple este criterio en 25 edificios patrimoniales.

En resumen el criterio del CMN indica lo siguiente:

- i. Asentamiento Máximo: 10mm (mayor a los 5mm inicialmente propuesto por Metro en la DIA 1 y EIA 2).
- ii. Distorsión Angular: 1/2000 con máximo puntual de 20mm,

Cabe destacar que el principal parámetro de control que expone potenciales afecciones a las estructuras es la distorsión angular, ya que controla asentamientos diferenciales a lo largo de un eje estructural y ha sido corroborado en la actualización de la normativa española que aborda estos efectos donde sólo se controla la distorsión angular y no el asentamiento puntual.

## **5.2 PARÁMETROS INCLUIDOS EN EL EIA LÍNEA 3 OBRAS EN ACCESOS A ESTACIÓN UNIVERSIDAD DE CHILE.**

En el Anexo M de la Adenda del Estudio de Impacto Ambiental, Línea 3 Obras en Accesos a Estación Universidad de Chile, se establece como criterios admisibles en estructuras patrimoniales un asentamiento de 25 mm y una distorsión angular de 1/1000 fundamentado en la norma NBE-AE/88, donde los 25 mm se definen como deformación admisible para suelos cohesivos en estructuras monumentales y la distorsión angular de 1/1000 se considera admisible para muros de carga sin armar con flexión cóncava hacia arriba. Se hace uso de la norma española, ya que ésta presenta límites de servicio para estructuras monumentales de similar estructuración a las involucradas sobre el trazado de la Línea 3.

En ese proceso, en la RCA N° 110/2017 que aprueba el Estudio de Impacto Ambiental Línea 3 Obras en Accesos a Estación Universidad de Chile, se establece el criterio señalado por el Consejo de Monumentos Nacionales para Edificios Patrimoniales en su Ordinario 4490/2016 los siguientes límites de control de asentamientos:

**Tabla 5-1: Límites de Control de Asentamientos definidos por CMN**

<b>Características</b>	<b>Límites</b>
Asentamiento total máximo	10 mm
Radio de deflexión máxima	1/2000 y menor a 20 mm
Distorsión lateral	0.05 %

Según los límites establecidos por el CMN se debe verificar el asentamiento puntual máximo de 10 mm. En caso de no cumplir ese requerimiento, se debe verificar la distorsión angular de 1/2000 con asentamientos máximos de 20 mm.

### 5.3 PARÁMETROS EN CÓDIGO TÉCNICO DE EDIFICACIÓN (CTE-DB-SE-C, ESPAÑA 2006)

En este código se definen algunos lineamientos en función de la distorsión angular que se produce bajo los edificios, los Límites de Servicio de distorsión angular se encuentran definidos en la tabla 2.2 del Código Técnico de Edificación, para nuestro análisis se resumen a continuación:

**Tabla 5-2: Límites de servicio basados en la distorsión angular por CTE-DB-SE-C**

Tipo de Estructura	Límite de Servicio.
Muros de carga sin armar con flexión cóncava hacia arriba	1/1000
Muros de carga sin armar con flexión cóncava hacia abajo	1/2000

*Fuente: CTE-DB-SE-C, España 2006.*

Para la evaluación del estado de las estructuras patrimoniales, en adelante, se ha utilizado el criterio de la Tabla 5-1, definido por el CMN.

### 6.0 ESTUDIOS PARTICULARES ESTRUCTURALES PREVIOS:

En el marco de los estudios de afecciones a edificios patrimoniales, se realizaron tres estudios específicos en el 2016, parte del proceso de evaluación y seguimiento ambiental del EIA de los nuevos accesos a la Estación Universidad de Chile de Línea 3, Anexo M Adenda:

- 1) L3-ID-02-INF-210-CE-005-R00: Informe Edificio Bolsa de Comercio ante Excavaciones Subterráneas
- 2) L3-ID-02-INF-210-CE-006-R00: Informe Edificio Casa Central de la Universidad de Chile ante Excavaciones Subterráneas
- 3) L3-ID-02-INF-210-CE-007-R00: Informe Edificio Club de la Unión ante Excavaciones Subterráneas

El objetivo de estos estudios es evaluar y analizar los posibles efectos en la estructura resistente de los edificios producto de las excavaciones de la Línea 3 de Metro en torno a este edificio y elaborar un diagnóstico de su desempeño estructural.

Las conclusiones de los documentos se resumen a continuación:

- 1) L3-ID-02-INF-210-CE-005-R00:

Por el método de deformaciones admisibles, se concluye que no hay afección en la estructura. Este análisis se realizó para ambas fachadas respecto a los asentamientos verticales y distorsión angular máxima.

Del método de análisis de tensiones por elementos finitos en ambas fachadas se observa que los mayores esfuerzos de corte se concentran en la esquina Sur-Poniente del edificio, los que no se supera el valor límite de tensión del hormigón. Según lo observado en terreno

en estos elementos estructurales, no se evidencian fisuras distintas a las encontradas en el catastro del 2013, ni ningún efecto de tipo estructural.

2) L3-ID-02-INF-210-CE-006-R00:

Por el método de deformaciones admisibles, se concluye que no hay afección en la estructura. Este análisis se realizó para ambas fachadas respecto a los asentamientos verticales y distorsión angular máxima.

Respecto del análisis por medio de elementos finitos, se observa que los mayores esfuerzos ocurren en la fachada Norte del edificio, en la esquina poniente. Según lo observado en terreno en estos elementos estructurales de fachada no se evidencian fisuras distintas a las encontradas en el catastro del 2013, ni ningún efecto de tipo estructural.

3) L3-ID-02-INF-210-CE-007-R00:

Por el método de deformaciones admisibles, se concluye que no hay afección estructural en el edificio por estar sometido a un bajo nivel de asentamiento. Este análisis se realizó para las tres fachadas más cercanas a las obras de Línea 3 respecto a los asentamientos verticales y distorsión angular máxima.

Del método de análisis de tensiones por elementos finitos en las tres fachadas se observa que los mayores esfuerzos de corte se concentran en la fachada Sur del edificio, los cuales no se superan el valor límite de tensión del hormigón. Lo observado en terreno en estos elementos estructurales indica que no se evidencian fisuras distintas a las catastradas en el año 2013, ni ningún efecto de tipo estructural.

## **7.0 CATASTRO FOTOGRÁFICO REALIZADO EN 2013**

En el marco del desarrollo del Proyecto Ingeniería Básica de Obras Civiles de Línea 3, se procede a efectuar un catastro fotográfico de todos los edificios e infraestructura que pudiesen verse alteradas debido a la construcción de las obras subterráneas de Metro. El objetivo de dicho catastro es generar una línea base de comparación para situaciones futuras.

Si bien en el levantamiento de la condición base no se tomaron fotos interiores en los inmuebles, en caso que hubiese afección estructural a razón de los túneles de la Línea 3, éstas deberían estar visibles y registrables desde la fachada exterior.

El procedimiento empleado para la materialización del catastro consiste en lo siguiente:

- Identificación de edificios e infraestructura que pudiesen verse alteradas debido a la construcción de las obras subterráneas de Metro. Información obtenida a partir de los documentos, L3-IB-01-PLA-000-TU-101@118, "Identificación de Edificios Para Catastro Fotográfico". En dichos estudios se identifican más de 180 edificaciones de interés a catastrar.
- Se crea un equipo de trabajo, compuesto por un ingeniero estructural y un fotógrafo profesional equipado con cámara réflex digital de alta resolución y lentes teleobjetivo. Ambos profesionales serán los encargados de visitar por el exterior cada una de las edificaciones identificadas en el ítem anterior.
- En cada edificación que es visitada, el fotógrafo toma imágenes generales de cada edificación y el ingeniero identifica aquellos puntos singulares que son de interés a catastrar, como son los daños visibles o elementos sensibles como dinteles, cornisas, etc.
- Una vez realizadas las visitas a terreno se generan y emiten a Metro los Informes Técnicos con las fotografías registradas.

Dichos informes son los siguientes:

<b>Código</b>	<b>Título</b>
L3-IB-01-INF-000-CE-001	Informe Registro Fotográfico Tramo 1 y 2 - Línea 3
L3-IB-01-INF-000-CE-002	Informe Registro Fotográfico Tramo 3 - Línea 3
L3-IB-01-INF-000-CE-003	Informe Registro Fotográfico Tramo 4 - Línea 3
L3-IB-01-INF-000-CE-004	Informe Registro Fotográfico Tramo 5 y 6 - Línea 3

- A posterior, se contacta al Sr. Alberto Mozó Aguilar notario público de Santiago, el cual se encarga de certificar que el catastro fotográfico contenido en los informes antes mencionados, son un fiel reflejo de la situación presente en las edificaciones registradas.

## 8.0 CATASTRO Y ANÁLISIS COMPRATIVO DEL REGISTRO FOTOGRÁFICO REALIZADO EN 2018

**Tabla 8-1: Condición de edificios en base a Catastro Fotográfico Comparativo 2013-2018**

Nº	Nombre del inmueble	Estatus año 2013	Estatus año 2018	Comentarios
1	Estación Mapocho	Fisuras y grietas menores en las cornisas y arcos de dinteles. Grietas en encuentro de muros. Daños en mampostería revestimiento de tramo inferior del muro.	Se mantienen los mismos hallazgos observados el año 2013.	No se aprecia que las obras de Metro han provocado efectos en la edificación.
2	Hotel Bristol	Fisuras en vanos de varias ventanas y puertas, fisuras y grietas en las cornisas.	Edificio fue pintado en el transcurso del 2013 al 2018, presenta fisuras en vanos y cornisas en menor intensidad que el año 2013	Edificio fue pintado y se taparon varias fisuras existentes el año 2013, se aprecia el mismo patrón en menor intensidad. No se aprecia que las obras de Metro han provocado efectos en la edificación.
3	Catedral de Santiago	Fisuras y grietas en algunos dinteles, cornisas, vanos y en unión de columnas con muros. Desprendimiento de estucos. Manchas en los muros por escurrimiento de aguas y residuos de aves. Daños varios en antechos, barandas y cúpulas de la cubierta.	Catedral fue reparada en el transcurso del 2013 al 2018, se limpiaron todas las fachadas y se repararon la mayor parte de los hallazgos registrados el año 2013. Persisten algunas fisuras y grietas en vanos.	No se aprecia que las fisuras que persisten se hayan intensificado, por lo tanto las obras de Metro no han provocado efectos en la edificación.
4	Club de Septiembre	Descararamiento de la pintura en varias zonas, fisuras y grietas en dinteles y cornisas. Daños en mampostería de revestimiento que da hacia la calle.	Se mantienen los mismos hallazgos observados el año 2013.	No se aprecia que las obras de Metro han provocado efectos en la edificación.
5	Ex Congreso Nacional	Daños y grietas en los pilares de reja perimetral, en zócalo, capiteles y esfera de remate superior.	Se observan los mismos hallazgos y grietas en pilares de reja perimetral. Adicionalmente se han retirado algunas esferas de remate y se han perdido las luminarias sobre los pilares.	Se aprecia que los hallazgos adicionales observados corresponden a una acción de vandalismo, no debido a las obras de Metro.

6	Hotel City	Fisuras y grietas en algunas cornisas, vanos y en muro medianero. Desprendimiento de estucos. Daños locales en unión de muro con acera.	Se observan los mismos hallazgos registrados el año 2013, adicionalmente se observan efectos por filtraciones de agua en extremos superior de muro. Hallazgos locales en unión de muro con acera fueron reparados.	No se aprecia que las obras de Metro han provocado efectos en la edificación.
7	Polla Chilena de Beneficencia	Fisuras menores en algunos vanos y en muros. Desprendimiento de estucos en fachada poniente. Desprendimiento de piezas de revestimiento de mosaico tipo muriglas en varias zonas del edificio.	Se mantienen los hallazgos observados el año 2013, se aprecia que en algunas zonas ha aumentado el desprendimiento de las piezas de mosaico y en otras zonas (vigas) han sido reparados los revestimientos de ese tipo.	Se observa un avance en la cantidad de desprendimiento del revestimiento tipo mosaico, eso es algo que tiende a suceder con el paso del tiempo, al perder adherencia el pegamento de estas piezas. No se aprecia que las obras de Metro han provocado efectos en la edificación.
8	Museo Chileno de Arte Precolombino	Fisuras en algunas cornisas, vanos y en muro. Daños locales en unión de revestimiento de mampostería con acera.	Se observan hallazgos similares a los registrados el año 2013. Daños locales en unión de muro con acera fueron reparados.	No se aprecia que las obras de Metro han provocado efectos en la edificación.
9	Palacio de los Tribunales de Justicia	Fisuras menores en algunos vanos, cornisas, mamposterías.	Se observan los mismos hallazgos registrados el año 2013.	No se aprecia que las obras de Metro han provocado efectos en la edificación.
10	Edificio en Catedral N°1139/1143 (Casa Rebeca Matte)	Fisuras y grietas en dinteles, vanos y cornisas. Daños pronunciados en fachada poniente, incluyendo grietas en el muro.	El primer piso del Edificio fue pintado en el transcurso del 2013 al 2018. Se mantienen los hallazgos observados el año 2013, acentuándose en la fachada poniente con desprendimiento de un tramo de cornisas.	Fachada poniente del edificio se encontraba en mal estado el año 2013, debido a la lejanía del edificio a las obras de Metro no se aprecia que las obras sean responsable de la situación de la edificación.
11	Edificio en Catedral N°1165	Fisuras y daños en las cornisas, dinteles y balaustros de barandas.	Se mantienen los hallazgos observados el año 2013.	No se aprecia que las obras de Metro han provocado efectos en la edificación.

12	Edificio en Catedral N°1115/1125	Fisuras y daños menores en los dinteles y muros. Grietas y daños en las cornisas	Se mantienen los hallazgos observados el año 2013.	No se aprecia que las obras de Metro han provocado efectos en la edificación.
13	Edificio Pasaje Catedral	Fisuras, grietas y daños por filtración de agua en las cornisas. Desprendimientos puntuales de estucos. Daños menores en junta de construcción con edificio vecino.	Se mantienen los hallazgos observados el año 2013.	No se aprecia que las obras de Metro han provocado efectos en la edificación.
14	Edificio Pasaje Agustín Edwards	Fisuras, grietas y daños por filtración de agua en las cornisas. Daños menores en junta de construcción con edificio vecino. Fisuras en vanos. Fisuras y grietas en revestimiento tipo mármol en fachada acceso principal.	Se mantienen los hallazgos observados el año 2013.	No se aprecia que las obras de Metro han provocado efectos en la edificación.
15	Templo Parroquial El Sagrario	Daños puntuales en aristas de bloques de mampostería. Fisuras en las cornisas y capiteles de columnas. Daños menores en junta de construcción con edificio vecino. Daños en algunas juntas de mampostería.	Se mantienen los hallazgos observados el año 2013.	No se aprecia que las obras de Metro han provocado efectos en la edificación.
16	Palacio Arzobispal	Fisuras y daños en las cornisas, muros, dinteles y balaustros de barandas. Desprendimiento de estuco en sectores puntuales	Edificio fue pintado en el transcurso del 2013 al 2018, presenta mismo patrón de fisuras, pero en menor intensidad que el año 2013	No se aprecia que las obras de Metro han provocado efectos en la edificación.
17	Bolsa de Comercio	Fisuras y algunas grietas en cornisas, vanos, columnas, muros, barandas. Daños en escalera de acceso tipo granito. Se aprecia que algunas grietas han sido reparadas recientemente.	Edificio fue pintado en el transcurso del 2013 al 2018, presenta mismo patrón de fisuras y grietas.	No se aprecia que las obras de Metro han provocado efectos en la edificación.
18	Club de la Unión	Fisuras y daños menores en las cornisas, dinteles, muros, barandas.	Se mantienen los hallazgos observados el año 2013, con el mismo patrón de fisuras	No se aprecia que las obras de Metro han provocado efectos en la edificación.

19	Gobierno Regional (GORE)	Fisuras en vanos de algunas ventanas, y daños menores en junta de construcción con edificio adyacente.	N / A	Las obras de Metro ocupan el frente del Edificio GORE, no es posible replicar las fotografías del año 2013.
20	Casa Matriz Banco Estado	Fisuras menores y daños menores en junta de construcción.	Se mantienen los hallazgos observados el año 2013.	No se aprecia que las obras de Metro han provocado efectos en la edificación.
21	Ex Hotel Mundial (BBVA)	Fisuras en muros, cornisas. Desprendimientos puntuales de estucos en muros. Daños en escalera de acceso tipo mármol. Daños en junta de construcción con edificio adyacente.	En el transcurso del 2013 al 2018 se repararon gran parte de los hallazgos registrados el año 2013. Se observan algunas fisuras menores en similar ubicación al 2013.	No se aprecia que las obras de Metro han provocado efectos en la edificación.
22	Iglesia de las Agustinas	Fisuras menores en las cornisas. Daños en junta de construcción con edificio adyacente. Desprendimientos locales de estucos, ducto a la vista.	Se mantienen los hallazgos observados el año 2013.	No se aprecia que las obras de Metro han provocado efectos en la edificación.
23	Edificio Ariztía	Fisuras menores en cornisa, vanos y barandas. Daños en junta de construcción con edificio adyacente. Daños locales en encuentro muro-acera. Se aprecia que algunas grietas han sido reparadas recientemente.	Se mantiene el mismo patrón de fisuras y grietas registradas el año 2013. Hallazgos locales en muro han sido reparados.	No se aprecia que las obras de Metro han provocado efectos en la edificación.
24	Casa Central Universidad de Chile	Descascaramiento de la pintura en varias zonas, fisuras y grietas menores en dinteles, cornisas, muros, antepechos. Desprendimiento del estuco en sectores locales.	Se mantienen los hallazgos observados el año 2013.	No se aprecia que las obras de Metro han provocado efectos en la edificación.

25	Basílica de los Sacramentinos	Fisuras, grietas y daños en varias cornisas. Fisuras y grietas en muros, antetechos y vanos. Daños en todas las cúpulas, pérdida del hormigón en varias columnas que soportan a las cúpulas quedando perfiles metálicos (o armaduras) al descubierto. Pieza de remate superior de la cúpula caída, quedando "colgada" de esta.	Se mantienen los hallazgos observados el año 2013.	No se aprecia que las obras de Metro han provocado efectos en la edificación.
26	Población para Suboficiales de la Escuela de Aplicación de Caballería	Fisuras menores en muros de ventanas y en nicho de medidor de agua potable	Edificio fue pintado en el transcurso del 2013 al 2018, presenta mismo patrón de fisuras, en menor intensidad.	No se aprecia que las obras de Metro han provocado efectos en la edificación.
27	Casa de la Cultura de la Municipalidad de Ñuñoa (ex Palacio Ossa)	Fisuras menores y descascamiento pintura en borde inferior muro soporte de reja.	N / A	Las obras de Metro ocupan casi la totalidad de la fachada de la Casa de la Cultura, no es posible replicar las fotografías del año 2013.

## 9.0 MONITOREO Y ESTUDIOS DE INFLUENCIAS A LOS 27 EDIFICIOS PATRIMONIALES

A continuación, se muestra en la Tabla 9-1 el resumen de los Informes de Monitoreo entregados por Metro de Santiago al Consejo de Monumentos Nacionales, en base a los cuales se realiza el estudio de influencias en los 27 edificios patrimoniales en el documento Análisis de Asentamientos y Distorsión Angular de Edificios Protegidos por el CMN, PL3-ID-0332-INF-000-TU-01001.

El estudio de influencias presentado en el documento Análisis de Asentamientos y Distorsión Angular de Edificios Protegidos por el CMN, PL3-ID-0332-INF-000-TU-01001, se resume en la Tabla 9-2.

**Tabla 9-1: Resumen de los Informes de Monitoreo entregados por Metro de Santiago al CMN**

L3-ID-02-INF-000-TU-901	Informe de Supervisión Edificios Protegidos por el Consejo de Monumentos Nacionales Junio 2013
L3-ID-02-INF-000-TU-902	Informe de Supervisión Edificios Protegidos por el Consejo de Monumentos Nacionales Julio 2013
L3-ID-02-INF-000-TU-903	Informe de Supervisión Edificios Protegidos por el Consejo de Monumentos Nacionales Agosto 2013
L3-ID-02-INF-000-TU-904	Informe de Supervisión Edificios Protegidos por el Consejo de Monumentos Nacionales Septiembre 2013
L3-ID-02-INF-000-TU-905	Informe de Supervisión Edificios Protegidos por el Consejo de Monumentos Nacionales Octubre 2013
L3-ID-02-INF-000-TU-906	Informe de Supervisión Edificios Protegidos por el Consejo de Monumentos Nacionales Noviembre 2013
L3-ID-02-INF-000-TU-907	Informe de Supervisión Edificios Protegidos por el Consejo de Monumentos Nacionales Diciembre 2013
L3-ID-02-INF-000-TU-908	Informe de Supervisión Edificios Protegidos por el Consejo de Monumentos Nacionales Enero 2014
L3-ID-02-INF-000-TU-909	Informe de Supervisión Edificios Protegidos por el Consejo de Monumentos Nacionales Febrero 2014
L3-ID-02-INF-000-TU-910	Informe de Supervisión Edificios Protegidos por el Consejo de Monumentos Nacionales Marzo 2014
L3-ID-02-INF-000-TU-911	Informe de Supervisión Edificios Protegidos por el Consejo de Monumentos Nacionales Abril 2014
L3-ID-02-INF-000-TU-912	Informe de Supervisión Edificios Protegidos por el Consejo de Monumentos Nacionales Mayo 2014
L3-ID-02-INF-000-TU-913	Informe de Supervisión Edificios Protegidos por el Consejo de Monumentos Nacionales Junio 2014
L3-ID-02-INF-000-TU-914	Informe de Supervisión Edificios Protegidos por el Consejo de Monumentos Nacionales Julio 2014
L3-ID-02-INF-000-TU-915	Informe de Supervisión Edificios Protegidos por el Consejo de Monumentos Nacionales Agosto 2014

L3-ID-02-INF-000-TU-916	Informe de Supervisión Edificios Protegidos por el Consejo de Monumentos Nacionales Septiembre 2014
L3-ID-02-INF-000-TU-917	Informe de Supervisión Edificios Protegidos por el Consejo de Monumentos Nacionales Octubre 2014
L3-ID-02-INF-000-TU-918	Informe de Supervisión Edificios Protegidos por el Consejo de Monumentos Nacionales Noviembre 2014
L3-ID-02-INF-000-TU-919	Informe de Supervisión Edificios Protegidos por el Consejo de Monumentos Nacionales Diciembre 2014
L3-ID-02-INF-000-TU-920	Informe de Supervisión Edificios Protegidos por el Consejo de Monumentos Nacionales Enero 2015
L3-ID-02-INF-000-TU-921	Informe de Supervisión Edificios Protegidos por el Consejo de Monumentos Nacionales Febrero 2015
L3-ID-02-INF-000-TU-922	Informe de Supervisión Edificios Protegidos por el Consejo de Monumentos Nacionales Marzo 2015
L3-ID-02-INF-000-TU-923	Informe de Supervisión Edificios Protegidos por el Consejo de Monumentos Nacionales Abril 2015
L3-ID-02-INF-000-TU-924	Informe de Supervisión Edificios Protegidos por el Consejo de Monumentos Nacionales Mayo 2015
L3-ID-02-INF-000-TU-925	Informe de Supervisión Edificios Protegidos por el Consejo de Monumentos Nacionales Junio 2015
L3-ID-02-INF-000-TU-926	Informe de Supervisión Edificios Protegidos por el Consejo de Monumentos Nacionales Julio 2015
L3-ID-02-INF-000-TU-927	Informe de Supervisión Edificios Protegidos por el Consejo de Monumentos Nacionales Agosto 2015
L3-ID-02-INF-000-TU-928	Informe de Supervisión Edificios Protegidos por el Consejo de Monumentos Nacionales Septiembre 2015
L3-ID-02-INF-000-TU-929	Informe de Supervisión Edificios Protegidos por el Consejo de Monumentos Nacionales Octubre 2015
L3-ID-02-INF-000-TU-930	Informe de Supervisión Edificios Protegidos por el Consejo de Monumentos Nacionales Noviembre 2015
L3-ID-02-INF-000-TU-931	Informe de Supervisión Edificios Protegidos por el Consejo de Monumentos Nacionales Diciembre 2015
L3-ID-02-INF-000-TU-932	Informe de Supervisión Edificios Protegidos por el Consejo de Monumentos Nacionales Enero 2016
L3-ID-02-INF-000-TU-933	Informe de Supervisión Edificios Protegidos por el Consejo de Monumentos Nacionales Febrero 2016
L3-ID-02-INF-000-TU-934	Informe de Supervisión Edificios Protegidos por el Consejo de Monumentos Nacionales Marzo 2016
L3-ID-02-INF-000-TU-935	Informe de Supervisión Edificios Protegidos por el Consejo de Monumentos Nacionales Abril 2016
L3-ID-02-INF-000-TU-936	Informe de Supervisión Edificios Protegidos por el Consejo de Monumentos Nacionales Mayo 2016
L3-ID-02-INF-000-TU-937	Informe de Supervisión Edificios Protegidos por el Consejo de Monumentos Nacionales Junio 2016
L3-ID-02-INF-000-TU-938	Informe de Supervisión Edificios Protegidos por el Consejo de Monumentos Nacionales Julio 2016

L3-ID-02-INF-000-TU-939	Informe de Supervisión Edificios Protegidos por el Consejo de Monumentos Nacionales Agosto 2016
L3-ID-02-INF-000-TU-940	Informe de Supervisión Edificios Protegidos por el Consejo de Monumentos Nacionales Septiembre 2016
L3-ID-02-INF-000-TU-941	Informe de Supervisión Edificios Protegidos por el Consejo de Monumentos Nacionales Octubre 2016
L3-ID-02-INF-000-TU-942	Informe de Supervisión Edificios Protegidos por el Consejo de Monumentos Nacionales Noviembre 2016
L3-ID-02-INF-000-TU-943	Informe de Supervisión Edificios Protegidos por el Consejo de Monumentos Nacionales Diciembre 2016
L3-ID-02-INF-000-TU-944	Informe de Supervisión Edificios Protegidos por el Consejo de Monumentos Nacionales Enero 2017
L3-ID-02-INF-000-TU-945	Informe de Supervisión Edificios Protegidos por el Consejo de Monumentos Nacionales Febrero 2017
L3-ID-02-INF-000-TU-946	Informe de Supervisión Edificios Protegidos por el Consejo de Monumentos Nacionales Marzo 2017
L3-ID-02-INF-000-TU-947	Informe de Supervisión Edificios Protegidos por el Consejo de Monumentos Nacionales Abril 2017
L3-ID-02-INF-000-TU-948	Informe de Supervisión Edificios Protegidos por el Consejo de Monumentos Nacionales Mayo 2017
PL3-ID-0332-INF-000-TU-00949	Informe de Supervisión Edificios Protegidos por el Consejo de Monumentos Nacionales Junio 2017
PL3-ID-0332-INF-000-TU-00950	Informe de Supervisión Edificios Protegidos por el Consejo de Monumentos Nacionales Julio 2017
PL3-ID-0332-INF-000-TU-00951	Informe de Supervisión Edificios Protegidos por el Consejo de Monumentos Nacionales Agosto 2017
PL3-ID-0332-INF-000-TU-00952	Informe de Supervisión Edificios Protegidos por el Consejo de Monumentos Nacionales Septiembre 2017
PL3-ID-0332-INF-000-TU-00953	Informe de Supervisión Edificios Protegidos por el Consejo de Monumentos Nacionales Octubre 2017
PL3-ID-0332-INF-000-TU-00954	Informe de Supervisión Edificios Protegidos por el Consejo de Monumentos Nacionales Noviembre 2017
PL3-ID-0332-INF-000-TU-00955	Informe de Supervisión Edificios Protegidos por el Consejo de Monumentos Nacionales Diciembre 2017
PL3-ID-0332-INF-000-TU-00956	Informe de Supervisión Edificios Protegidos por el Consejo de Monumentos Nacionales Enero 2018

**Tabla 9-2 Resumen de Estudio de Influencias para 27 Edificios de CMN (Fuente: Documento Análisis de Asentamientos y Distorsión Angular de Edificios Protegidos por el CMN, PL3-ID-0332-INF-000-TU-01001)**

N°	Edificio CMN	Distancia al eje de L3	Asentamiento max. Edificio - Informe de Supervisión a la fecha	Distorsión angular Máxima Bajo el Edificio a la fecha	Parámetros CMN (SMA-EIA)		Resumen Análisis
		(m)	(mm)		10mm	Si es mayor a 10mm verificar: 1/2000 y menor a 20mm	
1	Estación Mapocho	45.5	-1.1	1/13402	Cumple	N/A	Cumple
2	Hotel Bristol	11.9	-7.4	1/3012	Cumple	N/A	Cumple
3	Catedral de Santiago	16.2	-7.7	1/2561	Cumple	N/A	Cumple
4	Ex Congreso Nacional	39.0	-0.9	1/24792	Cumple	N/A	Cumple
5	Museo Chileno de Arte Precolombino	4.8	-2.9	1/10988	Cumple	N/A	Cumple
6	Tribunales de Justicia	5.1	-2.8	1/10988	Cumple	N/A	Cumple
7	Templo parroquial El Sagrario	109.7	-1.6	1/7,4e11	Cumple	N/A	Cumple
8	Palacio arzobispal	68.5	-1.6	1/7,4e11	Cumple	N/A	Cumple
9	Club de septiembre	92.9	-1	1/8,4e6	Cumple	N/A	Cumple
10	Edificio en catedral 1115/1125	26.5	-5.7	1/3384	Cumple	N/A	Cumple
11	Edificio en catedral 1139/1143	46.9	0.5	1/12594	Cumple	N/A	Cumple
12	Edificio en catedral 1165	77.9	0.8	1/1,28e6	Cumple	N/A	Cumple
13	Hotel City	36.2	-3.3	1/215955	Cumple	N/A	Cumple
14	Edificio Polla Chilena de Beneficencia	13.0	-9.2	1/1736	Cumple	N/A	Cumple
15	Edificio en compañía 1068	37.6	-1.9	1/27607	Cumple	N/A	Cumple

Continuación Tabla Anterior:

N°	Edificio CMN	Distancia al eje de L3	Asentamiento max. Edificio - Informe de Supervisión a la fecha	Distorsión angular Máxima Bajo el Edificio a la fecha	Parámetros CMN (SMA-EIA)		Resumen Análisis
		(m)	(mm)		10mm	Si es mayor a 10mm verificar: 1/2000 y menor a 20mm	
16	Edificio en catedral 1063	36.0	-1.4	1/7304	Cumple	N/A	Cumple
17	Edificio ariztía	42.1	0.2	1/1,08e8	Cumple	N/A	Cumple
18	Bolsa de Comercio	7.9	-5.3	1/-7102	Cumple	N/A	Cumple
19	<b>Club de la Unión</b>	6.1	-9,3 (-10,7mm Octubre 2016)	1/-1685	<b>Cumple (1)</b>	<b>No Cumple</b>	<b>No Cumple</b>
20	Caja de Amortización	9.6	-5.1	1/1729	Cumple	N/A	Cumple
21	Banco del estado	10.4	-12.4	1/-3219	<b>No Cumple</b>	Cumple	Cumple
22	Ex hotel mundial	14.7	-1.5	1/-25528	Cumple	N/A	Cumple
23	Iglesia de Las Agustinas	42.1	-0.1	1/6,78e9	Cumple	N/A	Cumple
24	<b>Casa Central Universidad de Chile</b>	9.7	-24.6	1/1634	<b>No Cumple</b>	<b>No Cumple</b>	<b>No Cumple</b>
25	Basilica de los sacramentinos	37.4	-2.4	1/-4696	Cumple	N/A	Cumple
26	Población para suboficiales Esc. De Caballeria	56.4	-2	1/9,34e9	Cumple	N/A	Cumple
27	Casa de la cultura de la Municipalidad de Ñuñoa	98.3	-2.5	1/26762	Cumple	N/A	Cumple

(1) Según la lectura del monitoreo a la fecha, el Club de la Unión cumple. Debido a que el valor medido de asentamiento superó los 10mm en algunas mediciones, Metro está realizando un estudio estructural específico para este edificio.

## 10.0 CONCLUSIONES GENERALES

La afectación a estructuras superficiales debido a la construcción de túneles o excavaciones subterráneas ha sido estudiada desde antes de los años 70 en Inglaterra y Estados Unidos principalmente para estructuras patrimoniales como el Metro de Washington y la catedral de Westminster. Sowers(1962) entrega límites de distorsión angular para flexión convexa en muros de carga que va entre  $1/2000$  y  $1/1000$ . Bjerrum(1963) limita la distorsión de estructuras reticuladas, no aplicable a las estructuras patrimoniales en estudio. Meyerhof (1977) formula un límite de seguridad para flexión cóncava y convexa en muros de cargas que van entre  $1/1000$  y  $1/2000$ . Burland and Wroth (1974) usan teoría de viga para describir el efecto de la razón largo/altura del edificio en las distorsiones basales, aplicable a edificaciones de muros y fundaciones superficiales. La teoría de Boscardin and Cording (1989), actualizada por Cording et al. en el 2001, que es el estado del arte para la evaluación de afecciones en edificios inducidas por excavaciones definen la afección en base al par distorsión angular y deformación unitaria lateral, con una distorsión angular menor a  $1/2000$  se esperan afecciones muy menores.

De la revisión realizada de la normativa tanto nacional como internacional, no se ha encontrado evidencia de normativas que limiten los valores admisibles de deformación en estructuras patrimoniales. En ese sentido, de acuerdo a nuestro criterio, el uso de la norma la española es lo más aconsejable como medida de control, ya que establece límites conservadores de deformaciones para este tipo de estructuras. En la normativa original del proyecto, se hace uso de la norma española (NBE-AE/88), ya que ésta presenta límites de servicio para estructuras monumentales de similar estructuración a las involucradas sobre el trazado de la Línea 3.

En base a los valores límites, más restrictivos, planteados por el CMN en el EIA de las obras asociadas a los nuevos accesos Ahumada y Prat ( $10\text{mm}$ ,  $1/2000$  y  $20\text{mm}$ ) se realiza una nueva verificación, obteniendo que 25 edificios cumplen satisfactoriamente con estos límites y 2 edificios los superan: Casa Central Universidad de Chile y Club de la Unión. En estos 2 edificios se está realizando un análisis estructural detallado en pos de verificar su condición estructural.

Cabe informar que las fachadas de estos dos edificios han sido inspeccionadas semanalmente por el equipo de ingeniería en terreno, desde el inicio de las obras, corroborando el buen estado actual de estos inmuebles. Además, producto de las obras en los accesos Prat y Ahumada, se realizó un catastro exhaustivo de fisuras a estos 2 edificios, según lo solicitado en la RCA respectiva. En este catastro se verificó en general una buena condición de estas estructuras lo que se monitorea semanalmente.

No obstante lo indicado, estudios específicos de estos dos edificios patrimoniales están en etapa de desarrollo, y ambos edificios siguen siendo monitoreados tanto en sus vibraciones, fisuras y asentamientos, los que se han mantenido en el tiempo dentro de los valores esperados.

De acuerdo a la comparación visual que se ha podido realizar entre el registro fotográfico tomado en enero del año 2013 versus el registro de Febrero del 2018, se aprecia que en general las estructuras mantienen los hallazgos observados, es decir: se mantiene el patrón de fisuras y grietas menores en las cornisas y arcos de dinteles, el mismo patrón de grietas en encuentro de muros y daños en mampostería revestimiento de tramo inferior del muro. No se aprecia que las obras de Metro hayan provocado efectos en las edificaciones analizadas. En un porcentaje menor de las estructuras patrimoniales, se observa una mejora en la condición respecto al año 2013, debido a que el edificio fue pintado y/o reparado.